



Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente

Influence of teacher training and science education research in the teaching practice of science in-service teachers

Jordi Solbes, José Fernández-Sánchez, María C. Domínguez-Sales, José Cantó
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, Valencia, España
jordi.solbes@uv.es, jose.fernandez-sanchez@uv.es, consuelo.dominguez-sales@uv.es, j.rafael.canto@uv.es

Jenaro Guisasola
Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco, Donostia, España
jenaro.guisasola@ehu.es

RESUMEN • Este trabajo analiza las relaciones entre la formación, la investigación en didáctica y la práctica docente del profesorado de ciencias de secundaria. La muestra no probabilística está formada por 55 profesores de secundaria. La metodología elegida es de tipo mixto (cuantitativo-cualitativo) y utiliza tres instrumentos complementarios: un cuestionario, un protocolo de observación en el aula y una entrevista. Los resultados de los cuestionarios muestran dos tipos de formación en didáctica de las ciencias: activa y estándar. Las observaciones y las entrevistas ponen de manifiesto la existencia de dos tipologías docentes con grandes diferencias entre ellas en lo referente a estrategias de enseñanza, uso de materiales de aprendizaje innovadores, gestión de aula y utilización de las TIC, y permiten afirmar que los cursos puntuales cambian poco la práctica docente.

PALABRAS CLAVE: formación del profesorado; didáctica de las ciencias; práctica docente; conocimiento didáctico del contenido.

ABSTRACT • This work analyzes the relationships between teacher training, research in science education and the teaching practice of science Spanish in-service teachers of secondary education. The non-probabilistic sample consist of 55 teachers. The mixed methodology chosen (quantitative-qualitative) uses three complementary instruments: a questionnaire, a classroom observation protocol and an interview. The questionnaires show two types of teacher training in science education: active and standard. The observation of daily teachers' classroom practice and the interviews show different ways of teaching with large differences between both groups relating to teaching strategies, use of innovative learning materials, classroom management and use of ICT and allow to affirm that occasional teacher training of short-term courses have little impact in teaching practice.

KEYWORDS: teacher training; science education; teaching practice; pedagogical content knowledge.

Recepción: marzo 2017 • Aceptación: julio 2017 • Publicación: marzo 2018

Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M. C., Cantó, J. R., & Guisasola, J. (2018). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las ciencias*, 36(1), 25-44.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en los modelos educativos están íntimamente relacionados con la formación que recibe el profesorado (Carr, 1990), como señala la National Commission on Teaching and America's Future (1996) al afirmar que lo que sabe el profesorado y lleva a la práctica en el aula es fundamental para el aprendizaje de los estudiantes. Por ello, algunos países han introducido estándares para medir la calidad de la docencia y han elaborado programas específicos de preparación del profesorado (National Council for Accreditation of Teacher Education, 2000). A pesar de la importancia que se concede a la formación del profesorado, numerosas investigaciones muestran que la investigación didáctica tiene poco impacto sobre la práctica educativa dado que sus resultados no se incorporan a esta (Briscoe, 1991; Pekarek, Krockover y Shepardson, 1996; Solbes y Gavidia, 2013; Russell y Martin, 2014). Se puede afirmar que existe una brecha entre las recomendaciones que realiza la investigación en didáctica de las ciencias y la enseñanza que realiza el profesorado. Además, en España y otros países, la formación del profesorado también ha mostrado escasa efectividad en la renovación curricular (Jiménez-Aleixandre y Sanmartí, 1995; Abell, 2007).

Por todo ello, en este trabajo nos preguntamos si existe una relación de dependencia entre el conocimiento de los resultados obtenidos en la investigación y la mejora de la práctica docente. Para contestar a esta pregunta será necesario: *a)* conocer los cursos de formación que ha recibido el profesorado de ciencias de secundaria, tanto en contenidos didácticos como en horas de formación, así como la investigación docente en que ha intervenido; *b)* analizar la influencia de la formación didáctica en la práctica docente de estos profesores en función de criterios relativos a su desarrollo profesional y, finalmente, *c)* determinar cómo han incorporado a la docencia, cuando lo hayan hecho, las propuestas didácticas innovadoras sobre enseñanza y aprendizaje de las ciencias que cita la investigación.

La información obtenida nos puede proporcionar una «foto» de la realidad que nos ayude a determinar qué tipo de formación contribuye más a la evolución del profesorado hacia una práctica innovadora. En la actualidad algunas investigaciones ponen de manifiesto que una formación intensiva del profesorado, que le permita conocer los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias, puede implicarle en la implementación de innovaciones, favoreciendo así la superación de algunos problemas que subsisten en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Furió y Carnicer, 2002; Solbes *et al.*, 2012). No obstante, son necesarias más investigaciones que permitan establecer la dependencia o no entre formación recibida por el profesorado y la puesta en práctica de las recomendaciones de la investigación en su docencia. Este trabajo pretende contribuir a este objetivo.

En la siguiente sección se explica el marco teórico desde el que se enfoca la investigación. A continuación, se explica el contexto y la metodología de investigación. Para finalizar se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los diseños de investigación y la discusión de estos.

MARCO TEÓRICO

Esta investigación toma como punto de partida el trabajo de Shulman (1986) en el que se pregunta qué conocimiento especializado es necesario para enseñar, qué es lo que diferencia a un profesor de un especialista en la materia (Abell, 2007; Van Driel, Berry y Meirink, 2014). Sus trabajos y los de otros autores (Hashweh, 1985; Grossman, 1990; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Mellado, 2003; Shulman, 1986 y 1987; Wilson, Shulman y Richert, 1987) llevaron a definir el conocimiento didáctico del contenido (CDC) como el conocimiento que desarrollan los profesores para ayudar a los estudiantes a aprender y que van construyendo según enseñan los temas específicos de su área de conocimiento.

En la actualidad se reconoce el valor del modelo de Shulman como agente organizador, aunque existen diferentes puntos de vista sobre los aspectos que constituyen el CDC (Abell, 2007; Van Driel *et al.*, 2014).

De hecho, el modelo se ha modificado gracias a contribuciones posteriores de la investigación respecto al conocimiento profesional del profesorado (CPP) (Roth, 2007; Furió y Carnicer 2002). Nuestra propuesta reconoce el valor de todas estas aportaciones, a las que añadimos la utilización de las TIC, que no se incluyen en ninguno de los trabajos anteriores, posiblemente por los años en que fueron postuladas. Siendo conscientes de las ventajas e inconvenientes de su uso en la educación científica (Sanmartí e Izquierdo, 2001; Solbes *et al.*, 2004), nos interesa evaluarlo dado el gran esfuerzo formativo realizado al respecto por las administraciones educativas y los centros de profesores. De modo que queda establecida como se indica a continuación:

- a) el *conocimiento de la disciplina* en un sentido amplio, lo que incluye conocer además la historia de las ciencias; la naturaleza de la ciencia (NdC) y las metodologías que los científicos utilizan en su trabajo; las interacciones ciencia, tecnología y sociedad (CTS), y la capacidad de seleccionar y secuenciar los contenidos didácticos adecuados;
- b) el *conocimiento pedagógico*, que incluye la gestión del aula, la utilización de las TIC, etc.; y
- c) el *conocimiento didáctico del contenido*, es decir, orientaciones y concepciones sobre la enseñanza de las ciencias, estrategias de enseñanza, conocimiento del aprendizaje e ideas de los estudiantes, métodos de evaluación, conocimiento de los currículos y materiales de aprendizaje, etc.

Una vez establecido nuestro modelo de conocimiento profesional docente, el siguiente paso será determinar cómo se adquiere, esto es, establecer de qué fuentes habituales se nutre el profesor para conformarlo. Friedrichsen *et al.* (2009) consideran tres aspectos: los propios antecedentes escolares, la formación inicial y la experiencia profesional. Dado que la literatura ha puesto de manifiesto que organizar al profesorado en función de su conocimiento profesional docente ayuda a formular propuestas de mejora de la formación (Van Driel y Berry, 2012; Nilsson y Vikström, 2015), nosotros añadimos a los tres aspectos anteriores: *i*) la formación continua recibida durante la trayectoria profesional; *ii*) el conocimiento de los resultados obtenidos por la investigación, adquirido mediante la lectura de revistas o a través de cursos, y *iii*) la realización de investigaciones o innovaciones que permitan apreciar la eficacia de las nuevas propuestas de enseñanza-aprendizaje. Estos aspectos nos llevaron a definir las seis dimensiones que componen nuestro análisis de la práctica docente del profesorado (tabla 1).

METODOLOGÍA

En nuestra investigación han colaborado 55 profesores de Física y Química de educación secundaria, que se han clasificado en dos grupos. El primero está formado por 14 docentes que habían realizado el máster o el doctorado en Investigación en Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Valencia (UV), que desde sus inicios en 1988 hasta su sustitución por el actual máster y doctorado en Didácticas Específicas en 2009 mantuvo una gran continuidad por la estabilidad del profesorado y de su dirección y que implicaba una formación intensiva y la implementación en el aula de las aportaciones de la didáctica mediante investigaciones e innovaciones educativas. Este grupo se ha denominado Grupo de Formación Activa (GFA). Los 41 profesores restantes constituyen el segundo grupo, y habían realizado un curso de formación inicial denominado curso de adaptación pedagógica (CAP) y cursos de corta duración ofrecidos por la Administración educativa. Este grupo se ha denominado Grupo de Formación Estándar (GFE). En el apartado de resultados se proporcionará más información sobre la muestra (titulación, años de experiencia, sexo, etc.).

Dado que los 55 participantes se han ofrecido voluntariamente a participar en la investigación, tutores del Máster de Profesorado de Secundaria (especialidad de Física y Química), se puede considerar que estamos ante una muestra no probabilística, aunque pensamos que esta participación voluntaria

puede significar una cierta concienciación sobre la importancia educativa de la innovación docente, de manera que la elección de la muestra podría, incluso, aumentar la significación de los resultados. Por otra parte, la formación intensiva fue realizada con anterioridad, por lo que no es susceptible de variación, y podemos decir que se trata de una investigación *ex post facto* (Cohen, Manion y Morrison, 2011), en la que el GFE actúa como grupo control.

INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Las informaciones sobre la práctica docente, la investigación y la innovación realizadas por cada uno de los profesores tutores y cómo ha influido en su desarrollo profesional se han obtenido mediante tres herramientas: un cuestionario y una entrevista, que recogen las respuestas del profesor, y un protocolo de observación que describe su actuación en el aula. Estas herramientas ofrecen información de fuentes distintas y complementarias. Por una parte, es el propio profesor quien ofrece datos tanto objetivos de formación, como subjetivos, relativos a los cambios que la formación en didáctica de las ciencias ha provocado en su actividad docente. Por otra, la observación directa en el aula ofrece la visión de la actividad real del profesor en su trabajo diario con alumnos.

El cuestionario (anexo I) fue cumplimentado por cada uno de los profesores. Su objetivo era conocer algunos datos de su formación en didáctica de las ciencias y su experiencia profesional. En el encabezamiento del cuestionario se recogen datos sobre titulación y experiencia docente. Las preguntas 1, 2 y 3 recogen datos sobre formación inicial y permanente en didáctica. Así mismo, se indaga sobre su interés por la didáctica, manifestado a través de su pertenencia a grupos de innovación, su participación como ponente en cursos de innovación, o bien, su interés por publicar en didáctica de las ciencias experimentales (preguntas 4, 5 y 6). Hemos considerado relevante preguntar por el uso de una reciente herramienta de enseñanza en el aula, como son las TIC, aunque, como hemos indicado, las herramientas pueden ser utilizadas con muy diversa intencionalidad didáctica. En este caso preguntamos si se utilizan o no y cuáles (pregunta 7), aunque su forma de uso se contrasta con la observación de su práctica y la entrevista. Una vez elaborado se solicitó a cuatro profesores de ciencias de enseñanza secundaria que lo cumplimentaran y aportasen sus comentarios, para conseguir que el planteamiento respondiera a los objetivos de la investigación. Estos comentarios indicaban que en general las preguntas eran sencillas de entender y que no había dificultades de comprensión. No obstante, se modificó la redacción de las preguntas 3 y 4, que en el cuestionario inicial se agrupaban en una sola. Además, se pusieron al comienzo del cuestionario los datos de titulación y la experiencia docente.

El protocolo de observación en el aula tiene como objetivo valorar cómo orienta su práctica educativa cada profesor. Consta de 34 ítems, algunos de los cuales ya han sido probados en investigaciones anteriores (Carrascosa, Fernández, Gil y Orozco, 1991), y otros se han añadido atendiendo a aportaciones recientes de la didáctica de las ciencias (Abell, 2007). Se han estructurado en las seis dimensiones que desarrollan los tres conocimientos del CPP explicados en la introducción y esquematizadas en la tabla 1. Los ítems de la dimensión conocimiento de la disciplina aparecen en la tabla 4, los de estrategias de enseñanza en la 5, los de evaluación en la 6, los de materiales de aprendizaje en la 7, los de gestión de aula en la 8 y los de utilización de TIC en la 9. Para la validación externa del protocolo de observación se realizó una prueba piloto de observación a seis profesores por tres investigadores del proyecto. A continuación, se discutieron los datos obtenidos por cada investigador y se constató que había coincidencia en la gran mayoría de las observaciones de cada ítem. Esto fue debido a que previamente se había discutido con detalle el objetivo de cada ítem, lo que garantizaba una evaluación similar. En los casos en los que había desacuerdo se utilizó un proceso iterativo de discusión para alcanzar el consenso final. A partir de esta prueba piloto se diseñó el actual protocolo de observación.

La observación en el aula fue llevada a cabo en dos días diferentes distanciados por un mes o mes y medio. Los investigadores del proyecto realizaban la observación durante una clase normal del profesorado, sin causar interferencia en el desarrollo de la clase. Así mismo, se les pidieron materiales, exámenes y otros medios de evaluación. Para la valoración se ha usado una escala tipo Likert que puntúa entre 1 y 4, donde 1 significa nada; 2, poco; 3, bastante, y 4, mucho. Para asegurarse de que los criterios de puntuación eran similares en todos los casos, se estableció previamente una rúbrica para cada uno de los ítems, que clarificaba el significado de las diferentes valoraciones. Los valores de las dos observaciones se comparaban mediante la kappa de Cohen ponderada con pesos cuadráticos, descartando aquellas cuyas diferencias eran significativas ($k < 0,3$). La kappa de Cohen es un estadístico que mide el acuerdo entre observadores. En el caso de discrepancias de un punto se tomaba en el GFE el valor superior y en el GFA el valor inferior, es decir, en ambos casos los valores más desfavorables a nuestra hipótesis.

A continuación, en la tabla 1 se recogen los valores en relación con las seis dimensiones (factores) para la consistencia interna mediante el alfa de Cronbach, que varían entre 0,76 y 0,87, valores que van desde aceptable hasta bueno (Dunn, Baguley y Brunsden, 2013). También se realizaron pruebas confirmatorias como la fiabilidad compuesta (FC) y la varianza media extractada (VME) que validan el instrumento. Los resultados mostraron que la FC fue elevada y comprendida entre 0,86 y 0,91 (Nunnally y Bernstein, 1994), y la VME fue en todos superior a 0,50, salvo en una dimensión, en la que es de 0,48 (Fornell y Larcker, 1981).

Tabla 1.
Fiabilidad, validez y estadística descriptiva
del protocolo de observación. Grupos GFE y GFA (n = 55)

	Dimensión	Número de ítems	α de Cronbach	VME	FC	M(SD)
I	Conocimiento de la disciplina	5 ítems	0,79	0,55	0,86	3,01 (0,60)
II	Estrategias de enseñanza	9 ítems	0,85	0,48	0,89	2,89 (0,60)
III	Evaluación	5 ítems	0,77	0,53	0,85	2,55 (0,70)
IV	Materiales de aprendizaje	3 ítems	0,76	0,68	0,86	2,72 (0,86)
V	Gestión de aula	6 ítems	0,82	0,55	0,87	2,60 (0,70)
VI	Utilización de TIC	6 ítems	0,87	0,62	0,91	2,20 (0,80)

La entrevista sobre concepciones del profesorado (anexo II) tiene como objetivo ampliar la información obtenida en el cuestionario. Se realizó una entrevista semiestructurada (Bogdan y Biklen, 1992) para conocer las concepciones de los profesores sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje y la evolución de sus ideas al respecto a lo largo de los años. Para el diseño de la entrevista se consultaron algunos trabajos previos sobre concepciones del profesorado en relación con las ciencias y su enseñanza (Furió y Carnicer, 2002; Porlán *et al.*, 2010). La revisión bibliográfica permitió a cuatro miembros del proyecto resumir los objetivos de la entrevista en cuatro grandes apartados: *a*) existencia o no de un cambio en sus concepciones y práctica docente a través de la vida profesional (preguntas 1, 3, 4 y 5); *b*) factores que influyen en el cambio docente (preguntas 2 y 6); *c*) uso de materiales y estrategias docentes (cuestiones 7 y 8), y *d*) dificultades en la innovación educativa (preguntas 9, 10, 11 y 12). La entrevista se pasó previamente a tres profesores de educación secundaria. Sus comentarios posteriores acerca de la idoneidad de las diferentes preguntas permitieron llevar a cabo las modificaciones necesarias en función de las dudas manifestadas por los participantes.

La entrevista fue llevada a cabo por uno de los investigadores, se grabó en audio y fue posteriormente transcrita. Tres investigadores diferentes analizaron las opiniones vertidas en ella, lo que supuso un proceso de interpretación cualitativo que llevó a alcanzar un consenso (Kvale, 1996). Las respuestas han permitido identificar tendencias comunes que se resumen en la sección de resultados.

En total, se entrevistó a doce profesores del GFA y a diez profesores del GFE, estos últimos representativos de su muestra porque cubrían todo el espectro de valoraciones del protocolo de observación, entre los más y menos valorados. Alguno de ellos fue elegido porque las valoraciones de los dos observadores mostraban discrepancias, para completar su información.

Finalmente, los datos del protocolo de observación se cruzaron con los obtenidos a partir del cuestionario y la entrevista para determinar si existía relación entre ellos. En la sección siguiente se comentan los resultados obtenidos.

RESULTADOS

En este apartado presentamos los resultados estructurados en tres secciones de acuerdo con los resultados de los tres instrumentos: cuestionario, protocolo de observación y entrevista. A continuación, se analizan los datos obtenidos, no sin antes aclarar que, en ningún momento, se pretende cuestionar la actuación docente del profesorado, sino que se trata de determinar el nivel de difusión y grado de influencia que los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias experimentales ejercen en el profesorado.

Presentación y análisis de los resultados del cuestionario

El cuestionario (anexo I) permite obtener datos iniciales sobre la experiencia profesional de cada profesor y su conocimiento sobre las aportaciones de la investigación en la didáctica del área en la que desarrollan su profesión. Los resultados de este se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.
Resultados del cuestionario del grupo GFE y GFA

Resultados del cuestionario (N = 55)			
		GFE (41)	GFA (14)
Formación científica inicial	Licenciado en Química	37 (90 %)	9 (65 %)
	Licenciado en Física	3 (7 %)	4 (29 %)
	Licenciado en Bioquímica	1 (2 %)	1 (7 %)
	Doctor en Química	5 (12 %)	0 (0 %)
Formación didáctica	CAP	41 (100 %)	14 (100 %)
	Algún curso universitario de didáctica	6 (15 %)	2 (14 %)
	Máster de actualización y recursos de ciencias	2 (5 %)	2 (14 %)
	Máster de educación y TIC	2 (5 %)	0 (0 %)
	Diplomado en Magisterio	1 (2 %)	1 (7 %)
	Máster en Didáctica de las Ciencias	0 (0 %)	2 (14 %)
	Doctorado en Didáctica de las Ciencias	0 (0 %)	12 (86 %)
Conocimiento de revistas de didáctica	Pueden citar 4 o más revistas	4 (10 %)	13 (93 %)
	Pueden citar 3 revistas	9 (22 %)	1 (7 %)
	Pueden citar 2 revistas	10 (24 %)	0 (0 %)
	Pueden citar 1 revista	10 (24 %)	0 (0 %)
	No pueden citar ninguna revista	8 (20 %)	0 (0 %)
	Han publicado en revistas	3 (7 %)	12 (86 %)

Resultados del cuestionario (N = 55)			
		GFE (41)	GFA (14)
Uso de TIC	Presentaciones PowerPoint	19 (43 %)	10 (71 %)
	Applets o simulaciones	12 (29 %)	11 (79 %)
	Pizarra digital	9 (22 %)	3 (21 %)
	Vídeos	9 (22 %)	11 (79 %)
	Laboratorio asistido por ordenador	6 (15 %)	4 (29 %)
Participación en actividades de innovación:	En grupos de innovación	15 (37 %)	10 (71 %)
	En clases en centros de profesores o universidad	7 (17 %)	10 (71 %)

El análisis de los datos del GFE muestra que el 54 % de los 41 profesores del GFE son mujeres, que todos ellos poseen una gran experiencia docente y que presentan una media de 26,4 años. En este grupo, 37 (90 %) son licenciados en Química, tres (7 %) en Física y uno (2 %) en Bioquímica. De todos ellos, 5 (12 %) son doctores en Química.

Algunos estudios ya han puesto de manifiesto la deficiente formación didáctica del profesorado de secundaria (Banet, 2007). En nuestro caso, coincidiendo con estos, encontramos que la formación didáctica inicial que poseían los profesores estudiados era el CAP, que ofrecía muy poco contenido en didáctica de las ciencias. Con respecto a la formación permanente del profesorado (ítem 2), la media de cursos realizados es de 9 por profesor, de 20 o 30 horas de duración cada uno. Son cursos de información puntual, principalmente, en TIC (45 %) y en contenidos conceptuales de la propia materia y de prácticas de laboratorio (27 %).

Los resultados referentes al conocimiento de revistas especializadas en didáctica (ítem 3) son muy significativos. En algunos casos, confunden las revistas de didáctica con revistas profesionales, sindicales o las puramente científicas, que no guardan relación con la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Finalmente, en su mayoría, el profesorado participante utiliza poco las TIC (ítem 7), limitándose a presentaciones, documentos de texto o búsqueda de información en internet. Son pocos los que utilizan *applets*, visualización de vídeos, sensores, blogs, etc. La tabla 2 muestra los resultados de cada uno de los anteriores apartados, el número de profesores y sus correspondientes porcentajes.

El GFA está constituido por 14 profesores, de los que 5 (35,7 %) son mujeres; 9 del conjunto son químicos, 4 físicos y uno es bioquímico; 12 han realizado el doctorado en investigación en didáctica de las ciencias y 2 han realizado el máster, y todos poseen una media elevada de experiencia docente (22,5 años). Su formación intensiva fue la que ofrecía el Máster o programa de Doctorado de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la UV. Este último constaba de una primera fase de dos años durante los cuales se estudiaban asignaturas sobre diferentes líneas de investigación (Ideas alternativas, Problemas y prácticas como investigaciones, Educación CTS, Evaluación, etc.) y sobre metodología de la investigación educativa, y se llevaba a cabo un trabajo de investigación, para implementar en el aula alguna de las propuestas didácticas. Una vez finalizado se obtenía el Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Los contenidos del máster posterior eran similares al DEA, pero se pueden realizar en un curso. En una segunda fase, se podía realizar la tesis doctoral con el mismo enfoque.

En este grupo el conocimiento de revistas de investigación en didáctica de las ciencias es muy elevado, no solo por las lecturas necesarias para realizar sus tesinas y tesis sino porque todos ellos han publicado diversos artículos en revistas de didáctica indexadas. Respecto a las TIC, podemos decir que su uso es un poco más amplio por parte del GFA y respecto a las actividades de innovación, el GFA en su mayoría ha participado en estas.

Presentación y análisis de los resultados del protocolo de observación

Presentamos y analizamos a continuación los resultados promedios obtenidos por los 41 profesores del GFE y los 14 del GFA en cada uno de los ítems de la plantilla de observación del profesorado, agrupados en los apartados antes mencionados. La tabla 3 ofrece las correlaciones entre las diferentes dimensiones para ambos grupos.

Tabla 3.
Correlación entre dimensiones
del protocolo de observación. Grupo total (n = 55)

	I	II	III	IV	V	VI
Conocimiento de la disciplina	1					
Estrategias de enseñanza	0,82**	1				
Evaluación	0,76**	0,74**	1			
Materiales de aprendizaje	0,77**	0,69**	0,68**	1		
Gestión de aula	0,58**	0,74**	0,74**	0,52**	1	
Utilización de TIC	0,77**	0,73**	0,74**	0,73**	0,73**	1

** La correlación es significativa para $p < 0,01$.

Todas las correlaciones son significativas y, en general, elevadas. Destaca la fuerte correlación entre el conocimiento de la disciplina y las estrategias de enseñanza ($r = 0,82$, $p < 0,01$), siendo la más baja entre los materiales de aprendizaje utilizados y la gestión de aula ($r = 0,52$, $p < 0,01$).

Antes de analizar los resultados de cada una de las dimensiones, hemos aplicado la prueba de Kolmogorov-Smirnov a cada uno de los ítems del GFE y el GFA, lo que ha puesto de manifiesto que ninguna muestra se distribuye de forma normal. Por tanto, para comprobar la heterogeneidad de los dos grupos hemos utilizado como prueba no paramétrica la U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos se ofrecen en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 9. En ellas aparece la significación asintótica bilateral (sig), que ayuda a comprobar si las diferencias son estadísticamente significativas, y el tamaño del efecto (r), que nos indica la magnitud de esta diferencia. El parámetro r se considera grande cuando el valor obtenido es mayor o igual que 0,5, medio si está comprendido entre 0,3 y 0,5 y pequeño cuando su valor es menor o igual a 0,1 (Fritz, Morritz y Richler, 2012).

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en 26 (76,5 %) de los 34 ítems analizados. En los ítems 1, 5, 14, 18, 27, 28, 32 y 33 la significación asintótica bilateral es mayor de 0,05, por lo que no ofrecen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos. Estos resultados se han marcado con un asterisco (*) en las correspondientes tablas.

La tabla 4 muestra el estudio del *conocimiento de la disciplina*, que no se limita a los conocimientos conceptuales, sino que incluye conocimientos amplios de historia de la ciencia, CTS y NdC.

Tabla 4.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41)
y el GFA (n = 14) para cada ítem de *conocimiento de la disciplina*

	I. Conocimiento de la disciplina	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
1	Utiliza en clase la historia de las ciencias	2,83	0,77	3,14	0,77	0,19*	0,18
2	Incluye actividades sobre naturaleza de la ciencia y forma de trabajo de los científicos	2,71	0,87	3,43	0,76	0,01	0,35
3	Propone actividades que incluyan relaciones CTS	2,63	0,77	3,71	0,61	0,00	0,55
4	Selecciona y adapta el currículo para que puedan aprender la mayoría de los estudiantes (en oposición al énfasis en dar todo el programa, sin tener en cuenta al alumnado)	2,66	0,73	3,79	0,43	0,00	0,60
5	Trata de relacionar unos contenidos con otros, de forma que el conjunto tenga una secuencia clara, en lugar de temas aislados	3,37	0,80	3,50	0,76	0,52*	0,09

(*) Indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grupo GFE y el GFA.

Una mirada de conjunto a la tabla 4 permite observar en todos los casos que las medias del GFA son superiores a 3, a diferencia del GFE, que solo lo alcanza en el ítem 5, donde el resultado de ambos grupos es similar, con una diferencia no significativa.

Las mayores diferencias se aprecian en la selección y adaptación del currículo y en la inclusión de relaciones CTS, NdC y forma de trabajo de los científicos mediante actividades. Un aspecto interesante que cabe resaltar de las observaciones es que ambos grupos sienten la presión debida a evaluaciones externas, siendo la más clara el examen de acceso a la Universidad (PAU), por lo que la importancia que dan a los contenidos aumenta en los cursos de bachillerato. Al mismo tiempo, los profesores del GFE son más reacios a seleccionar los contenidos del currículo recortando una parte de este a cambio de que la mayoría de los estudiantes puedan alcanzar los contenidos mínimos requeridos.

En *estrategias de enseñanza* (tabla 5) se incluyen aquellas que responden a avances de la didáctica de las ciencias, como la búsqueda de ideas alternativas, el aprendizaje significativo de conceptos, el planteamiento como pequeñas investigaciones tanto de los trabajos prácticos como de los problemas de lápiz y papel. También tienen en cuenta otras más recientes como la atención al desarrollo de competencias o la argumentación.

Tabla 5.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41) y el GFA (n = 14) para cada ítem de *estrategias de enseñanza*

	II. Estrategias de enseñanza	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
6	Propone una enseñanza basada en competencias, es decir, incluye innovaciones que integren conceptos, procedimientos y actitudes	2,39	0,89	3,36	0,84	0,00	0,45
7	Favorece la argumentación científica en clase	2,29	0,90	3,43	0,94	0,00	0,48
8	Hace pensar a los estudiantes sobre el tema antes de plantear las cuestiones o actividades	2,59	0,81	3,71	0,47	0,00	0,58
9	Propone trabajos prácticos como indagaciones	2,17	0,97	3,57	0,76	0,00	0,55
10	Plantea problemas de lápiz y papel como indagaciones	2,34	0,82	3,00	1,04	0,03	0,29

	II. Estrategias de enseñanza	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
11	Propone actividades de reflexión cognitiva, que planteen dudas a los alumnos y ayuden a entender mejor los contenidos	2,66	0,82	3,79	0,43	0,00	0,56
12	Propone actividades para averiguar los conocimientos e ideas previas de los estudiantes y sus dificultades	2,29	0,75	4,00	0,00	0,00	0,76
13	Propone actividades para impulsar la comprensión de los estudiantes (lecturas, verbalización de los enunciados de los problemas, etc.)	3,10	0,83	3,57	0,76	0,04	0,28
14	Propone actividades de síntesis o de recapitulación al acabar un tema	3,32	0,69	3,43	1,09	0,19*	0,18

En conjunto, la tabla 5 muestra importantes diferencias entre ambos grupos. Esto nos permite afirmar que el profesorado del GFE hace menor uso de los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias que el GFA, afirmación acorde con los datos obtenidos del cuestionario (preguntas 3, 4 y 5 del anexo I), en el que el profesorado del GFE manifestaba un notable desconocimiento de las publicaciones didácticas.

Estas valoraciones nos indican que el profesorado del GFE se centra más en los conceptos, dejando más de lado los procedimientos y actitudes, siendo esta forma de actuar coherente, por una parte, con la formación inicial recibida, básicamente de contenidos conceptuales, y, por otra, con la formación adquirida a lo largo del tiempo, que, como indican los cuestionarios, se ha centrado prioritariamente en la enseñanza de contenidos.

Tabla 6.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41) y el GFA (n = 14) para cada ítem de *evaluación*

	III. Evaluación	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
15	Utiliza la evaluación como instrumento de aprendizaje, suministrando la retroalimentación adecuada (corrección pública de los exámenes, anotaciones en libreta o portafolios)	3,44	0,74	3,86	0,36	0,05	0,26
16	Evalúa todas las producciones del estudiante, ayudando así a su valoración por los propios estudiantes	3,39	0,83	3,86	0,36	0,05	0,26
17	Incluye en los exámenes cuestiones sobre procedimientos o relaciones CTS	2,12	0,98	3,00	0,96	0,01	0,36
18	Utiliza cuestiones tipo PISA (que evalúan pruebas factuales, distinguen entre teorías y observaciones, etc.)	1,85	0,82	2,14	0,77	0,23*	0,16
19	Evalúa su propia enseñanza (cuestionarios, debates, etc.)	2,12	1,00	3,36	0,63	0,00	0,51

Aunque hay diferencias, ambos grupos (tabla 6) conceden bastante importancia a la evaluación como instrumento de aprendizaje (ítem 15) y se muestran partidarios de evaluar todas las producciones del estudiante (ítem 16). Las diferencias entre ambos grupos aparecen al profundizar en la forma en que se realiza la evaluación, por ejemplo, en la inclusión de actividades CTS o la evaluación de la propia enseñanza.

La inclusión de cuestiones tipo PISA en la evaluación merece un comentario particular, dado que se trata del ítem que recibe menor valoración y la diferencia entre ambos grupos no es significativa. Esto

nos indica que hay un gran desconocimiento de este tipo de pruebas por parte del profesorado, ya que las pruebas PISA no se realizaron en Valencia hasta 2015.

Finalizamos el apartado del conocimiento didáctico mostrando los resultados obtenidos respecto a los materiales (tabla 7) utilizados en el aula.

Tabla 7.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41)
y el GFA (n = 14) para cada ítem de *materiales de aprendizaje*

	IV. Materiales de aprendizaje	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
20	Usa materiales o libros de texto no convencionales	2,37	1,07	3,07	0,92	0,03	0,29
21	Utiliza distintas fuentes de información (prensa, revistas de divulgación, internet)	2,78	1,01	3,86	0,53	0,00	0,51
22	Utiliza materiales curriculares que incorporan innovaciones fruto de la investigación en educación científica (procedimientos, argumentación, relaciones CTS)	2,24	0,94	3,43	0,94	0,00	0,48

Los libros de texto más innovadores son más utilizados por el GFA. Es posible que los profesores del GFE utilicen en el aula fuentes de información complementarias, como prensa o información procedente de internet, pero utilizan poco los materiales curriculares procedentes de la investigación en educación científica, probablemente por su desconocimiento, como indican los resultados del cuestionario.

Los datos correspondientes al conocimiento pedagógico del profesorado se ofrecen estructurados en dos dimensiones diferentes. Los resultados obtenidos en el primero de ellos, relativos a la gestión del aula (tabla 8) permiten inferir que el profesorado del GFA centra la atención preferentemente en el alumno, estructurando la clase en pequeños grupos (ítem 24), dirigiendo el trabajo en grupo (ítem 25) y animándoles a realizar debates (ítem 26).

Tabla 8.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41)
y el GFA (n = 14) para cada ítem de *gestión de aula*

	V. Gestión de aula	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
23	Trata de motivar a los alumnos hacia el tema antes de comenzar	3,18	0,75	4,00	0,00	0,00	0,52
24	Estructura la clase en pequeños grupos	1,85	0,96	3,21	0,97	0,00	0,51
25	Sabe dirigir el trabajo en grupo de sus alumnos	1,78	0,88	3,29	0,83	0,00	0,58
26	Los alumnos realizan debates	2,17	0,95	3,14	0,66	0,00	0,44
27	Los alumnos exponen trabajos	2,24	1,09	2,86	1,35	0,13*	0,20
28	Incita a los alumnos a cuidar la presentación de sus producciones	3,15	0,94	3,29	0,91	0,61*	0,07

Los profesores del GFE no dedican especial atención a las actividades grupales, lo que lleva a pensar que se dirigen más hacia las prácticas magistrales, en coherencia con los resultados obtenidos en la tabla 2 de este protocolo sobre estrategias de enseñanza.

Las valoraciones obtenidas en la promoción de la utilización de las TIC por parte del alumnado se muestran en la tabla 9, en la que se observan los valores más bajos obtenidos por los dos grupos, lo que indica una cierta reticencia del profesorado a utilizar las TIC como herramienta de aprendizaje, que es coherente con los resultados del cuestionario que indican el poco uso de las TIC en su práctica docente. Se aprecia un mayor uso de las TIC como herramienta didáctica y una mayor participación del alumnado en el GFA, lo que expresa la diferente intencionalidad didáctica de ambos grupos.

Tabla 9.
Estadística descriptiva del GFE (n = 41)
y el GFA (n = 14) para cada ítem de *utilización de TIC*

	VI. Utilización de TIC	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(r)
		M	SD	M	SD		
29	Búsquedas en internet	2,59	1,05	3,57	0,65	0,00	0,41
30	Presentación de trabajos utilizando procesadores de texto, tablas, gráficos, etc.	2,29	1,01	3,21	1,12	0,01	0,36
31	Utilizan simulaciones (<i>applets</i>)	1,46	0,71	3,36	1,01	0,00	0,65
32	Presentaciones PowerPoint	1,93	1,03	2,64	1,34	0,08*	0,24
33	Tratamiento de datos con Excel	1,68	0,76	2,21	1,37	0,35*	0,13
34	Laboratorio asistido por ordenador (sensores)	1,61	0,92	2,43	1,34	0,03	0,29

Agrupando los ítems por dimensiones (tabla 10), también son fácilmente observables las diferencias entre el GFE y el GFA. Las mayores diferencias entre ambos se dan en estrategias de enseñanza, materiales de aprendizaje, gestión de aula y utilización de las TIC.

Para realizar el análisis comparativo de las medias obtenidas entre ambos grupos por dimensiones, se ha comprobado previamente que las muestras están distribuidas de forma normal mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, lo que ha permitido aplicar la t de Student.

Tabla 10.
Estadística descriptiva para el GFE (n = 41) y el GFA (n = 14)
de los valores medios de cada dimensión del protocolo de observación. Significación
asintótica bilateral de la prueba t de Student aplicada a los dos grupos y valor del tamaño del efecto

	Dimensión	GFE		GFA		Sig.	Tamaño del efecto(η^2)
		M	SD	M	SD		
I	Conocimiento de la disciplina	2,84	0,55	3,51	0,49	0,000	0,24
II	Estrategias de enseñanza	2,57	0,50	3,55	0,42	0,000	0,41
III	Evaluación	2,59	0,62	3,24	0,43	0,001	0,20
IV	Materiales de aprendizaje	2,46	0,77	3,45	0,70	0,000	0,25
V	Gestión de aula	2,38	0,66	3,30	0,54	0,000	0,29
VI	Utilización de TIC	1,93	0,70	2,91	0,85	0,000	0,26

Los resultados mostrados en la tabla 10 permiten apreciar diferencias estadísticamente significativas entre los valores medios para el GFE y el GFA de cada una de las dimensiones del protocolo de observación, ya que todos los valores de la significación asintótica bilateral son menores que 0,05. Además, el tamaño del efecto en todos los casos es mayor de 0,14, lo que supone que son grandes (Cohen *et al.*, 2011).

Resultados obtenidos en las entrevistas

Se ha realizado una entrevista semiestructurada (anexo II) a diez docentes del GFE y a doce del GFA, con el objetivo de conocer las concepciones de los participantes sobre la ciencia y su enseñanza y aprendizaje, así como la evolución de los propios docentes. A continuación, ofrecemos un breve resumen de las conclusiones a las que se llega tras comparar las respuestas de ambos grupos sobre la concepción del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, su desarrollo profesional, las dificultades encontradas, etc. Aunque los resultados más completos de las entrevistas al GFE pueden encontrarse en Solbes *et al.* (2013).

En sus respuestas, el profesorado (P) del GFE manifiesta mayoritariamente impartir clases magistrales, al tiempo que se deja notar la influencia de la formación intensa en didáctica sobre el GFA en la evolución de la concepción sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias:

Evidentemente el curso de doctorado, lo que me hizo, fue ser mucho más constructivista. Entonces el empezar a hacer ciencia desde el principio, desde el planteamiento de un problema y avanzar hacia adelante. Me cambió la idea, el paradigma del método científico, me lo cambió absolutamente, también porque para mí, el método científico era algo rígido y se convirtió en algo mucho más abierto, en el cual cabían percepciones sociales y muchas más cosas (P3, GFA).

También ha influido en su propio desarrollo profesional:

Es como ver la realidad de tu trabajo con otros ojos, entender el trabajo de la docencia de la profesión desde otro punto de vista. Cuando te pones a dar clase tú repites los esquemas que has vivido como estudiante, es decir, clase magistral, etc. Entonces cuando fui a los cursos de doctorado, vi muchísimas más cosas que se pueden hacer, muchísimos puntos de vista para abordar el trabajo de docente, entonces ahí, descubres técnicas distintas, modos de pensar distintos, cosas que nunca te habías parado a pensar (P4, GFA).

La comparación de las entrevistas permite afirmar que la principal diferencia entre ambos grupos radica en las dificultades para abandonar la práctica docente «habitual» y desarrollar propuestas innovadoras mediante una metodología constructivista. Dicha diferencia no está tanto en la asunción de la existencia de dificultades, como en la riqueza argumental con que el GFA expone los distintos factores que intervienen en ella. Así, el GFE expresa únicamente ideas generales, como la rigidez del temario o la falta de tiempo: «en nuestra asignatura, la gran falta en número de horas hace que no puedas aplicar un método de enseñanza aplicado, que no hay ningún problema de material, que es una cosa positiva» (P8, GFE).

En esta misma línea de pensamiento, los del GFE que sí que han incorporado innovaciones metodológicas a su práctica docente, como los programas de actividades, consideran también que la falta de tiempo es un hándicap muy importante para su utilización, aunque piensen que se trata de una metodología que favorece el aprendizaje: «Bueno, pues al principio, eh... al acabar de aplicar este método de los programas guía, eh... prácticas también muy importantes. Supeditaba el temario a esto. Ahora no, me he dado cuenta que ese método de enseñanza siendo mejor, es demasiado lento como para ser eficaz» (P8, GFE).

El GFA, por su parte, es consciente de que el tiempo es un factor de peso, pero por necesidades pedagógicas: «Es más difícil porque también lo que se pretende que el alumno aprenda es mucho, es un poco inabarcable y aprender ciencias necesita un reposo y efectivamente, el entorno no ayuda a que el alumno aprenda como debe ciencia» (P5, GFA).

Su formación didáctica le ha concienciado ante el carácter poliédrico de la naturaleza de las dificultades que plantea la utilización de una metodología constructivista. Por ello el tiempo no es el problema fundamental, sino que coexiste con otros elementos:

La naturaleza del alumnado: «El alumnado no está muy acostumbrado a este tipo de dinámica, está más acostumbrado al profesor que les marca más de cerca y no están acostumbrados ni a participar ni a trabajar en equipo... cuesta un poco acostumbrarlos» (P3, GFA).

Cuestiones socioculturales familiares: «Encuentro que la sociedad está cambiando mucho, encuentro mucha dificultad en los intereses del alumnado. Los intereses del alumnado cambian prácticamente cada año. En este nivel, las familias influyen muchísimo y pienso que el aspecto familiar no se trabaja por ningún lado y se debería trabajar mucho más, creo que a la sociedad no le interesa» (P4, GFA).

La dificultad de apoyo tanto del resto de profesorado, como de recursos para llevarlo a cabo: «Al principio me asustó mucho la falta de material y la falta de compañeros al lado para poder elaborarlos. En el centro donde yo estaba no había nadie interesado en el tema así que tuve que empezar con algunos materiales que encontré de Gil y Furió. Poco a poco los fui adaptando a mis gustos y necesidades. Fue un trabajo duro, pero al mismo tiempo, ver que los chavales participaban activamente constituyó una experiencia muy gratificante». (P1, GFA).

Por último, cabe remarcar que existe unanimidad en ambos grupos en cuanto a si merece la pena todo el esfuerzo realizado al utilizar una metodología constructivista. De hecho, todos los profesores del GFA están de acuerdo en contestar que su práctica docente es mucho más gratificante desde que hacen uso de ella:

El mayor éxito, pues... ha sido el que masivamente se apunten los alumnos al año siguiente a la optativa o a la troncal. De hecho, este año está habiendo más gente en física y química y el año pasado se dejó mucha gente el dibujo y se pasó a biología. El utilizar estas técnicas tiene mucho éxito (P3, GFA).

Que al año siguiente recuerdan conceptos con bastante nitidez. Que están a gusto. Es increíble, pero están a gusto estudiando, comentando. Y que le encuentran sentido a las cosas. Preguntas alguna cosa que no tiene relación directa con lo que se está tratando, pero son capaces de encontrar el punto de unión (P1, GFA).

Motivar a los alumnos, conseguir que los alumnos se interesaran por la ciencia, que miraran la ciencia con otros ojos, que optaran por hacer estudios científicos con otro punto de vista, no porque sí o porque es lo que más salida tiene (P4, GFA).

Algún comentario del GFE va en la misma dirección: «el ver que los alumnos aprenden. El ver que los tienes de un año a otro, que van madurando, que aprenden a pensar de una determinada forma» (P8, GFE).

Todo lo anterior nos lleva a plantearnos qué razones motivan la persistencia de una metodología docente claramente insatisfactoria frente a otras que, no exentas de dificultades, ofrecen una notable recompensa desde el punto de vista profesional. Lo que queda claro del análisis de las entrevistas realizadas es que tanto la formación intensiva en didáctica como su posterior puesta en práctica mediante investigaciones (trabajos fin de máster, diploma de estudios avanzados, tesis, etc.) favorecen en el profesorado una práctica docente de orientación constructivista mucho más satisfactoria.

INTERPRETACIONES, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los grupos estudiados están formados por profesorado experimentado, interesado en su trabajo y con numerosos cursos de formación realizados a lo largo de su trayectoria profesional. La mayor parte del profesorado del GFE ha realizado cursos puntuales de formación, en su mayoría sobre actualización de conceptos y TIC (aunque algunos han realizado másteres y otros cursos intensivos, sin relación con la didáctica de las ciencias). Los resultados indican que este grupo de profesores ha mantenido el modelo de enseñanza por transmisión, con algunos cambios a lo largo del tiempo, como clases más participativas, para adaptarse al cambio del alumnado. Los profesores del GFA han realizado cursos

intensivos de didáctica de las ciencias conducentes a la obtención del DEA o doctorado. Los resultados indican que la implementación didáctica en el aula de innovaciones exigidas por los cursos intensivos o de doctorado, junto con su implicación emocional en el proceso (Nias, 1996), han hecho que modifiquen su práctica docente para llegar a un modelo de enseñanza centrado en el alumno, resolviendo los problemas o dificultades que se presentan en el aula (tabla 1, «Conocimiento de la disciplina»; tabla 2, «Estrategias de enseñanza»; tabla 3, «Evaluación»). Los resultados muestran que los profesores del GFA tienen un comportamiento de reflexión, como investigador según Roth (2007), del proceso de implementación de la innovación en el aula. Este grupo de profesores actúa como un *verdadero* puente entre los resultados de la investigación educativa y la innovación en el aula. Estos resultados son novedosos y significativos, ya que, como muchos trabajos indican, dicha investigación docente todavía sigue teniendo poco impacto en el aula (Briscoe, 1991; Pekarek *et al.*, 1996; Solbes y Gavidia, 2013; Russell y Martin, 2014).

Sin embargo, es necesario resaltar que los datos obtenidos no llevan a concluir que sea necesario un doctorado en Didáctica de las Ciencias para producir cambios en la forma de enseñar del profesorado. Lo que los resultados indican es que una formación que incorpore necesariamente una implementación de la innovación basada en los resultados de la investigación puede llevar al profesorado a una vivencia de la innovación propuesta y a un cambio en su forma de enseñar. Este resultado coincide con otros trabajos de investigación (Garmendia *et al.*, 2014; Nias 1996).

Así mismo, señalaremos que, dentro de los cursos de formación continua llevados a cabo por los profesores del GFE, destacan los cursos de TIC. Sin embargo, la observación muestra que fomentan poco la utilización de las TIC por los alumnos como herramienta de aprendizaje y, por lo tanto, esto debe hacernos reflexionar sobre el efecto real de la realización de cursos puntuales sin ningún seguimiento ni apoyo posterior en su implementación y buscar, como perspectiva de trabajo, la problemática, no solo en el profesorado, sino en el contexto escolar y en la administración educativa que lo regula.

En general, los resultados muestran que los profesores que han realizado mayores cambios en su práctica docente son los que poseen una mayor formación en didáctica de las ciencias, acompañada de la implementación de esta en el aula. En contraste, los profesores del GFE, además de una formación más puntual e inconexa, no ha realizado implementación de la innovación estudiada de forma teórica en los cursos de formación, por lo que podríamos inferir que esta implementación ha influido más que otros aspectos, tales como los años de experiencia, el género, los cambios en el alumnado, el contacto y las charlas con otros compañeros. Este resultado coincide con la investigación de Luft y Hewson (2014), que indican la implementación de la innovación en el aula como pieza clave de la formación del profesorado para que el proceso de innovación educativa llegue al aula.

Esta investigación coincide con otras investigaciones y aporta nuevos datos, al poner de manifiesto el papel fundamental del tipo de formación que recibe el profesorado en la transición de unos modelos educativos a otros (Carr, 1990; National Commission on Teaching and America's Future, 1996; Lederman, 1992; Bañas *et al.*, 2009).

Este artículo, así mismo, nos plantea una importante perspectiva de investigación sobre la formación del futuro profesorado de ciencias, en concreto sobre las aportaciones más recientes de la investigación en didáctica de las ciencias en modelización, indagación, argumentación, NdC, pensamiento crítico y cuestiones sociocientíficas y un largo etc., que deberían ser incorporadas en las especialidades de ciencias de los másteres de formación del profesorado de secundaria. Este es el objetivo de nuestro actual proyecto de investigación denominado «Propuesta de mejora de la formación del profesorado de ciencias basada en la indagación y modelización en contexto» (EDU2015-69071-P), financiado por el Mineco y los fondos Feder.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto «La evaluación de la formación del profesorado de ciencias en la sociedad del conocimiento. Propuestas de mejora» (EDU2011-24285. Mineco).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1150). N.Y.: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203824696>
- BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), pp. 5-21.
- BAÑAS, C.; LÓPEZ, A.; MELLADO, V. y RUIZ, C. (2009). Metacognition and professional development of secondary education science teachers: a case study. *Journal of Education Research*, 3(1/2), pp. 129-148.
- BOGDAN, R. G. y BIKLEN S. K. (1992). *Qualitative Research for Education* (second edition). Boston, MA: Allyn y Bacon.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among belief, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change, *Science Education*, 14 (3), pp. 349-361.
<https://doi.org/10.1002/sce.3730750204>
- CARR, W. (1990). Cambio educativo y desarrollo profesional. *Investigación en la escuela*, 11, pp. 3-11.
- CARRASCOSA, J.; FERNÁNDEZ, I.; GIL, D. y OROZCO, A. (1991). La visión de los alumnos sobre lo que el profesorado de ciencias ha de saber y saber hacer. *Investigación en la Escuela*, 14, pp. 45-61.
- COHEN, L.; MANION, L. y MORRISON, K. (2011). *Research methods in education*. Routledge, Taylor & Francis. London and New York.
<https://doi.org/10.4324/9780203720967>
- DUNN, T. J.; BAGULEY, T. y BRUNSDEN, V. (2013). From alpha to omega: A practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation. *British Journal of Psychology*, 105(3), pp. 399-412.
<https://doi.org/10.1111/bjop.12046>
- FORNELL, C. y LARCKER, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of marketing research*, 18(1) pp. 39-50.
<https://doi.org/10.2307/3151312>
- FRIEDRICHSEN, P. J.; ABELL, S. K.; PAREJA, E. M.; BROWN, P. L.; LANKFORD, D. M. y VOLKMANN, M. J. (2009). Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers' Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), pp. 357-383.
<https://doi.org/10.1002/tea.20283>
- FRITZ C. O.; MORRIS P. E. y RICHLER J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), pp. 2-18.
<https://doi.org/10.1037/a0024338>
- FURIÓ, C. y CARNICER, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 47-74.
- GARMENDIA, M.; BARRAGUES, J. I.; ZUZA, K. y GUIASOLA, J. (2014). Proyecto de formación del profesorado universitario de ciencias, matemáticas y tecnología, en las metodologías de aprendizaje basado en problemas y proyectos. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), pp. 113-129.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.911>

- GROSSMAN, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- HASHWEH, M. Z. (1985). An exploratory study of teacher knowledge and teaching: The effects of science teachers' knowledge of subject-matter and their conceptions of learning on their teaching. *Dissertation Abstracts International*, 46(12), 3672A (UMI n.º 8602482)
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. y SANMARTÍ, N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *International Journal of Science Education*, 17 (4), pp. 425-439.
<https://doi.org/10.1080/0950069950170403>
- KVALE, S. (1996). *Interviews: an introduction to qualitative research interviewing*. Sage Publications, Inc. Thousand Oaks, California
- LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- LUFT, J.A. y HEWSON, P. W. (2014). Research on Teacher Professional Development Programs in Science. En N.G. Lederman y S. K. Abell (eds.), *Handbook of research on science education*. Abingdon: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch44>
- MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J. y BORKO, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Guess-Newsome & N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95-132). Boston: Kluwer.
https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- MELLADO, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), pp. 343-358.
- NATIONAL COMMISSION ON TEACHING AND AMERICA'S FUTURE. (1996). *What matters most: Teaching for America's future. Report of the National Commission on Teaching & America's Future*. Woodbridge, VA.
- NATIONAL COUNCIL FOR ACCREDITATION OF TEACHER EDUCATION (2000). *Professional standards for the accreditation of schools, colleges, and departments of education*. Washington, DC
- NIAS, J. (1996). Thinking about feeling: The emotions in teaching. *Cambridge Journal of Education*, 26, pp. 293-306.
<https://doi.org/10.1080/0305764960260301>
- NILSSON, P. y VIKSTRÖM, A. (2015). Making PCK Explicit-Capturing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Science Classroom. *International Journal of Science Education*, 37(17), pp. 2836-2857.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1106614>
- NUNNALLY, J. C. y BERNSTEIN, I. H. (1994), *Psychometric Theory*, 3rd ed., McGraw-Hill: New York, NY.
- PEKAREK, R.; KROCKROVER, G. H. y SHEPARDSON, D. P. (1996). The research-practice in science education, *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (2), pp. 111-113.
- PORLÁN, R.; MARTÍN DEL POZO, R.; RIBERO, A.; HARRES, J.; AZCÁRATE, P. y PIZZATO, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), pp. 31-46.
- ROTH, K. J. (2007). *Science Teachers as Researchers*. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*, pp. 1205-1259 (N.Y.: Routledge).

- RUSSELL, T. y MARTIN, A. K. (2014). Learning to Teach Science. En N. G. Lederman & S. K. Abell (eds.), *Handbook of research on Science Education*. Abingdon: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch43>
- SANMARTÍ, N. e IZQUIERDO, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique*, 29, pp. 71-84.
- SHULMAN, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), pp. 4-14.
<https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), pp. 1-22.
<https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- SOLBES, J.; DOMÍNGUEZ-SALES, M. C.; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, J.; FURIÓ, C.; CANTÓ, J. R. y GUIASOLA, J. (2013). ¿El profesorado de Física y Química incorpora los resultados de la investigación en Didáctica? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 27, pp. 155-178.
<https://doi.org/10.7203/dces.27.2617>
- SOLBES, J.; FURIÓ, C.; DOMÍNGUEZ, M.ª C.; FERNÁNDEZ, J.; TARÍN, F. y GUIASOLA, J. (2012). What factors have an influence on a quality teaching practice in Sciences? *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, pp. 4.513-4.517.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.287>
- SOLBES, J. y GAVIDIA, V. (2013). Análisis de las Especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, pp. 582-593.
<https://doi.org/10.498/15615>
- SOLBES, J.; SOUTO, X. M. y TRAVER, M. J. (2004). El impacto de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación en el sistema escolar. *Scripta Nova-Revista Electronica de Geografia y Ciencias Sociales*, VI, 170 (71).
- VAN DRIEL, J. H. y BERRY, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational Researcher*, 41(1), pp. 26-28.
<https://doi.org/10.3102/0013189X11431010>
- VAN DRIEL, J. H.; BERRY, A. y MEIRINK, J. (2014). Research on Science Teacher Knowledge. En N. G. Lederman y S. K. Abell (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Abingdon: Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch42>
- WILSON, S.; SHULMAN, L. y RICHERT, A. (1987). «150 different ways» of knowing: Representations of knowledge in teaching. En J. Calderhead (ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 104-124). London: Cassell.

ANEXO I

Cuestionario

Profesor de _____ Años de experiencia docente: ____
Licenciado en _____ Año: ____
Doctor en _____ Año: ____

1. ¿Qué formación inicial en didáctica de las ciencias has realizado?
2. ¿A qué cursos de formación permanente has asistido?
3. Cita revistas de didáctica de las ciencias que conozcas.
4. ¿Tienes alguna publicación en dichas revistas? En caso afirmativo, cítalas.
5. ¿Has participado en algún grupo de innovación o investigación en educación científica?
¿En cuáles?
6. ¿Has impartido cursos de ciencias y/o de su didáctica en centros de profesores, universidad, etc.? ¿Cuáles?
7. ¿Haces uso de las TIC habitualmente en tus clases? ¿Cuáles utilizas?

ANEXO II

Entrevista

1. ¿Cómo era tu práctica docente cuando empezaste?
2. ¿Hubo alguna formación didáctica que, en particular, influyera en tus concepciones y práctica docente? ¿Cuál?
3. ¿Cómo han cambiado con el tiempo tus concepciones sobre la ciencia, la enseñanza de la ciencia y el aprendizaje de la ciencia?
4. ¿En algún momento a lo largo de tu carrera profesional han cambiado tus actitudes y valoración de la docencia? ¿Cómo?
5. ¿Ha cambiado tu práctica docente? ¿En qué sentido?
6. ¿Qué factores crees que han contribuido al cambio?
7. ¿Qué material y/o estrategias utilizabas cuando empezaste a dar clase?
8. ¿Los continúas utilizando en la actualidad? ¿Por qué?
9. ¿Has incorporado propuestas innovadoras para mejorar tus clases? ¿Cuáles son, en tu opinión, las principales dificultades para desarrollarlas?
10. En caso de que no hayas puesto en marcha algún tipo de propuesta innovadora o, si lo has hecho, la hayas desechado, ¿por qué has actuado así?, ¿qué inconvenientes ves a la aplicación de propuestas innovadoras?
11. ¿Cuáles son los mayores éxitos logrados al incorporar propuestas innovadoras?
12. ¿Tienes algún comentario, alguna consideración que desees aclarar?

Influence of teacher training and science education research in the teaching practice of science in-service teachers

Jordi Solbes, José Fernández-Sánchez, María C. Domínguez-Sales, José Cantó

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Valencia, Valencia, España
jordi.solbes@uv.es, jose.fernandez-sanchez@uv.es, consuelo.dominguez-sales@uv.es, j.rafael.canto@uv.es

Jenaro Guisasola

Departamento de Física Aplicada I, Universidad del País Vasco, Donostia, España
jenaro.guisasola@ehu.eus

This work aims to analyse the relationship between research in science education, teacher training and the teaching practice of science in Spanish in-service teachers of secondary education. This research takes Shulman's work (1986) as a starting point, but is updated with recent contributions (Abell, 2007; Van Driel, Berry & Meirink, 2014) in which is questioned which knowledge is necessary to teach and what differentiates a teacher from a specialist in the subject.

The non-probabilistic sample consist of 55 teachers. As they carried out their intensive training prior to the research, it is not susceptible to variation so we can say that this is an «ex post facto» research (Cohen, Manion & Morrison, 2011).

Our mixed method research uses three complementary instruments: a questionnaire to inform about the teachers pre- and in-service training, a classroom observation protocol (34 items) that aims to assess how each teacher guides his teaching practice and an interview with the aim of knowing the teachers' conceptions about science and its teaching and learning, as well as their professional practice evolution. Analysis of questionnaires shows two types of teacher training in science education: 14 teachers, labelled as intensive-active (ITTG), who have taken a Master's degree or a PhD in Science Education and the remaining 41, labelled as standard (STTG), who possess the standard teacher training of short-term courses.

To verify the two groups' heterogeneity, we used the non-parametric Mann-Whitney U test on the quantitative results of the classroom observation protocol. The asymptotic bilateral significance has helped us to verify whether the differences are statistically significant and the effect size indicated the magnitude of this difference. The observation of daily teachers' classroom practice and the interviews provided an overview of different ways of teaching with large differences between both groups relating to teaching strategies, use of innovative learning materials, classroom management and use of ICT. The obtained findings allow us to affirm that occasional teacher training of short-term courses carried out by teachers in the STTG group have little impact in their teaching practice.

The interview results indicate that the implementation in the classroom of the innovations in science education learned in the intensive courses, together with their emotional involvement in the process (Nias, 1996), have caused ITTG teachers to modify their teaching practice towards a student-centered teaching model, solving the problems or difficulties that arise in the classroom. The ITTG teachers have a reflexive behaviour, acting as researchers (Roth, 2007) introducing research methods in the classroom. This group of teachers becomes a true bridge between the findings of educational research and classroom innovation.

As a general result, we can say that teachers of the STTG group, having done a punctual and disconnected training, have not implemented the innovations theoretically studied in the training courses. On the contrary, teachers with a greater teacher training in science education (ITTG) make more changes in their teaching practice and are more likely to implement the contributions of Science Education research in the classroom. This permits us to infer, according with Luft & Hewson (2014), that intensive courses and participation in research are essential for teachers to become the key piece for the process of educational innovation to have a real impact in the classroom.

This article also presents an important perspective in the programming of pre-service teacher training, in particular, the inclusion of the most recent contributions of research in science education.